

David A. Rahn
Departamento de Geofísica- U. de Chile
Blanco Encalada 2002
Santiago, Chile
darahn@dgf.uchile.cl

Variabilidad sinóptica de la capa límite marina durante VOCALS Rex (primavera 2008)

Sobre el Pacífico subtropical suroriental domina la subsidencia, que resulta en una inversión de temperatura intensa en el tope de una capa límite marina (CLM) bien mezclada. En general, la capa límite se profundiza costa afuera, pero la altura real puede variar considerablemente en el tiempo y el espacio (Wood y Bretherton 2004). La altura de la CLM se relaciona con procesos de gran escala (e.g., variabilidad en la velocidad vertical de escala sinóptica) y también de escala pequeña (e.g., turbulencia). Entender esta variabilidad de la CLM es importante porque en escalas grandes influencia el ambiente que contiene las nubes estratocumuliformes y otros procesos físicos asociados. El examen de los procesos individuales que ocurren dentro de la CLM (i.e., generación de energía cinética turbulenta por enfriamiento radiativo en el tope de las nubes, transferencia turbulenta entre el mar y el aire, desacoplamiento, etc.) es en gran medida ignorados en favor de caracterizar los términos básicos que condicionan cambios locales en la profundidad de la CLM que están contenidos en los cuatro términos de la ecuación de prognosis local de la altura de la CLM: advección horizontal, la velocidad vertical de gran escala en el tope de la capa límite, y la velocidad de *entrainment*.

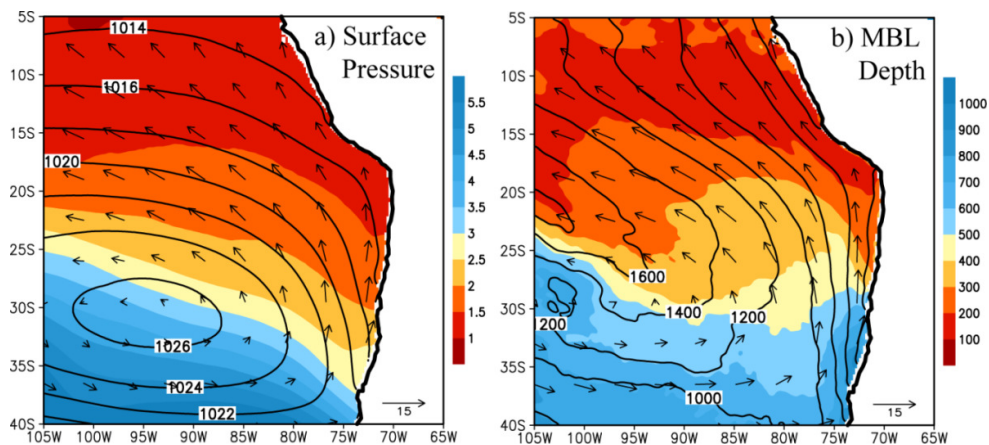


Figura 1. (a) Promedio de presión a nivel del mar (hPa, contornos), su desviación standard (hPa, colores), y promedio de vientos a 10-m (m s^{-1} , vectores). (b) Promedio de la altura de la CLM (m, contornos), desviación standard de la CLM (m, colores), y promedio de vientos en el tope de la CLM (vectores, m s^{-1}) durante Octubre y Noviembre 2008.

La variabilidad de la CLM sobre el Pacífico subtropical sudoriental se examina mediante datos del modelo *Advanced Weather Research and Forecasting* (WRF, Skamarock et al. 2005) durante Octubre y Noviembre 2008 en que se desarrolló la campaña de mediciones VOCALS Rex. La comparación del modelo con estas observaciones a 20°S, 80°W indica que durante Octubre la variabilidad de la altura de la CLM es bien capturada por el modelo, aunque éste produce una CLM en promedio casi 200 m más baja que las observaciones. Durante Noviembre la simulación no es tan buena. Las observaciones a lo largo de 20°S muestran que la altura de la CLM aumenta en promedio desde 1000 m cerca de la costa hasta 1500 m cerca de 86°W pero con una significativa variabilidad. El modelo WRF subestima la altura de la CLM especialmente más cerca de la costa, lo que es un problema común de los modelos en esta región (Wyant et al. 2009). Debido que el foco de este estudio es la variabilidad, este *offset* en el promedio no es tan crítico. El promedio y la desviación standard de la presión a nivel del mar y la altura de la CLM durante Octubre y Noviembre 2008 se muestran en Fig. 1. Un anticiclón domina la región con vientos cerca de la superficie consistentes con la distribución de presión. La CLM tiene mayor altura costa afuera con vientos similares en su tope. La gran variabilidad en la presión atmosférica superficial y en la altura de la CLM, que caracteriza las latitudes medias, disminuye hacia los subtrópicos. También parece que la variabilidad de los vientos en el tope de la CLM cerca de la costa es advectada hacia al norte, creando una área de mayor variabilidad.

Para entender la variabilidad de la CLM usando salidas del WRF, cada término en la ecuación de prognosis de la altura local de la CLM se calculada explícitamente con la excepción de la velocidad de *entrainment* que queda como residuo de los otros términos. A pesar de que la mayor parte de este término es realmente la velocidad de *entrainment*, los errores de los otros términos están también contenidos aquí. Por esta razón a ese término se le llama residuo. Como se muestra en otros estudios (e.g., Wood y Bretherton 2004), en promedio la velocidad vertical y el residuo son los más grandes y de signo contrario, mientras la advección resulta menor en general. Un aspecto importante de estos términos es ver como su variabilidad se relaciona con las de la CLM. Al inicio, esto se explora con la desviación standard de cada término en la región. Mientras la variabilidad en la velocidad vertical es más alta al norte de 20°S, con valores más grandes cerca del codo entre Perú y Chile debido a la onda diaria *upsidence* (Garreaud and Muñoz 2004), la advección domina hacia el sur principalmente a causa de la variabilidad sinóptica de latitudes medias advectada por los vientos. A lo largo de 25°S la variabilidad de la velocidad vertical y de la advección es similar. La proporción entre la velocidad vertical y la advección a 20°S, donde se centró la mayor parte de las observaciones de VOCALS Rex, es entre 1,25 y 2. Un resultado importante fue que la variabilidad en la advección y la tasa de cambio de la profundidad de la CLM fue cercana en casi todo el dominio, con una advección casi dos veces más grande. Esto sugiere una relación entre la variabilidad

de la advección y de la tasa de cambio de la profundidad de la CLM con el tiempo, que se explora más adelante.

Las contribuciones relativas de cada término a los cambios en la profundidad de la CLM sobre el Pacífico subtropical suroriental en períodos de aumento, estacionarios, y de disminución del espesor de la CLM cerca de 20°S, 80°W muestran la escala de estos rasgos (que ocasionalmente abarcan más de 5° de latitud) así como sus magnitudes y coincidencias espaciales con cambios en la CLM. Durante períodos de cambios grandes, se advierten enlaces fuertes entre la advección de espesor de la CLM y el cambio local en la altura de la CLM, mientras la velocidad vertical y residual juegan un rol menor durante estos cambios grandes en la profundidad de la CLM. Durante períodos más estacionarios, no hay mucha advección y se produce un balance mayor entre la velocidad vertical y el residual.

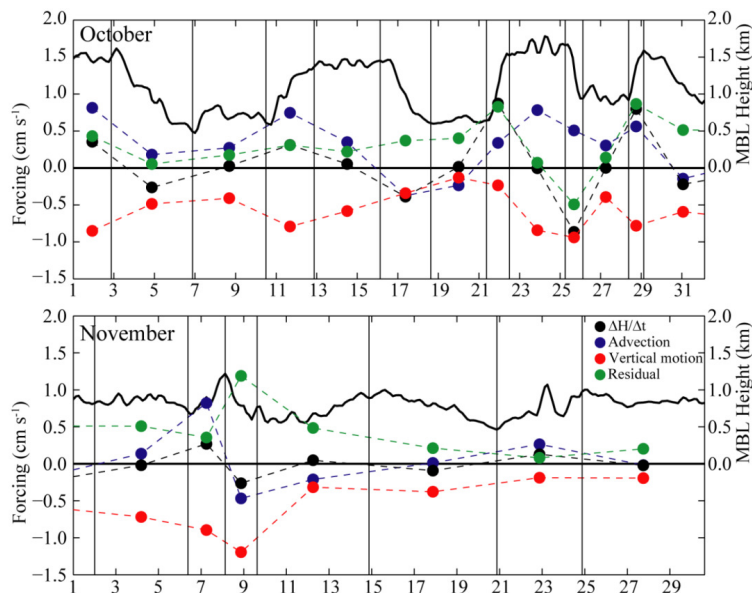


Figura 2. Serie de tiempo de la altura de la CLM. (m, contornos sólidos), y promedios de los cambios de tres horas de la altura (cm s^{-1} , negro), advección (cm s^{-1} , azul), velocidad verticales en el tope de la CLM (cm s^{-1} , rojo), y residuo (cm s^{-1} , verde). Los intervalos temporales de promedio están indicados por las líneas verticales.

Una serie de tiempo a 20°S, 80°W ilustra los cambios en los cuatro términos. (Fig. 2). Los promedios de cada término se muestran para cada período con el objeto de mostrar la magnitud de los términos forzantes. Nuevamente aparece evidencia que el cambio en la profundidad de la CLM depende mucho de la variabilidad en la advección mientras la velocidad vertical y el residual tienden a valores más grandes con signo opuesto, pero con menos variabilidad e impacto en el cambio en la profundidad de la CLM. Con la excepción de algunos puntos no esperados durante cortos períodos de cambios intensos en la altura de la CLM, la relación entre advección y cambio de altura sigue siendo fuerte (Fig. 3). Se observa una relación similar hacia al noroeste y hacia al sur, pero con más (menos) variabilidad al sur (norte), lo que es consistente con los resultados de las figuras simples de desviación standard.

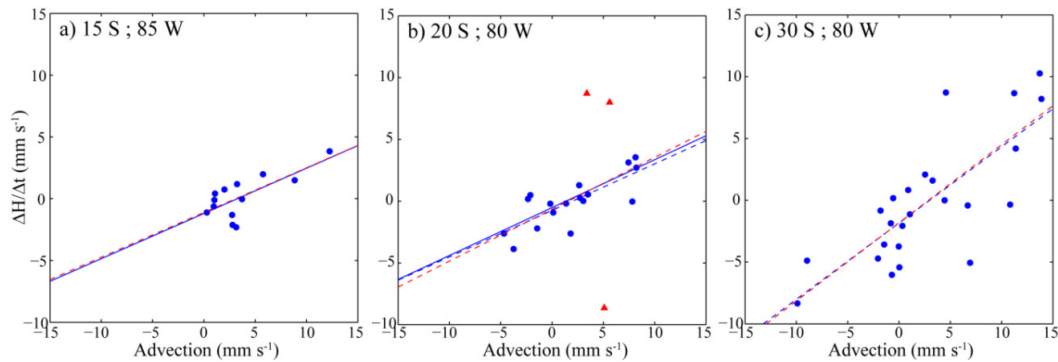


Figura 3. Comparación entre advección y los términos de cambio de altura (mm s^{-1}) promediados sobre varios períodos para (a) 15°S , 85°W , (b) 20°S , 80°W , y (c) 30°S , 80°W . Datos fuera de lo esperado de (b) se indican como triángulos rojos. Líneas de ajuste óptimos apartar al regresión línea usando todos los datos (sólido), sin datos fuera de lo esperando (raya azul), y con un ajuste robusto (raya rojo).

Se puede concluir que mientras la velocidad vertical y el residuo son los términos más grandes y opuestos de signo, es la variabilidad en la advección la que explica la mayoría de los cambios grandes de la altura en la CLM durante VOCALS Rex, particularmente al sur de 20°S . A pesar de no ser el término más grande en promedio, la variabilidad de la advección aparece directamente relacionada con la variabilidad en la altura de la CLM. La variabilidad en la advección también muestra un enlace con la variabilidad sinóptica en latitudes medias, la que sería advectada por los vientos desde el sur. Cuando se diagnostica cambios locales en la altura de la CLM en la región VOCALS Rex, es importante representar correctamente el término advectivo. Se reconoce aquí que mientras la advección no es un proceso fundamental en la modificación de la altura de una columna de CLM en un sentido Lagrangiano (e.g., velocidad vertical, temperatura del mar, o velocidad superficial del viento), debe ser considerada cuando se quiere examinar la tasa local de cambio de la profundidad de la CLM.

Referencias

- Garreaud, R. D., and R. Muñoz, 2004: The diurnal cycle in circulation and cloudiness over the subtropical southeast pacific: A modeling study. *J. Climate.*, **17**, 1699-1710.
- Skamarock W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, W. Wang, and J. G. Powers, 2005: A description of the advanced research WRF version 2. NCAR Tech. Note NCAR/TN-468+STR, 88 pp.
- Wood, R., and C. S. Bretherton, 2004: Boundary layer depth, entrainment, and decoupling in the cloud-capped subtropical and tropical marine boundary layer. *J. Climate*, **17**, 3576-3588.
- Wyant, M. C., R. Wood, C. R. Mechoso, and C. S. Bretherton, 2009: The PreVOCA model assessment. *16th Conf. on Air-Sea Interaction*, Pheonix, AZ, Amer. Meteor. Soc., **3.1**.